Calit
Condensa
Tempa



HESCHO

HERMSDORF/THÜR.

FERNSPR.: HERMSDORF (THÜR.) NR. 413 / DRAHT: HESCHO HERMSDORFTHÜRING
TELEGRAMMSCHLÜSSEL: RUDOLF MOSSE CODE – A.B.C. CODE, 5. u. 6. AUSGABE – MARCONI CODE INTERNATIONAL – CARLOWITZ CODE – WESTERN UNION CODE (UNIV.-AUSG.) – BENTLEY'S COMPLETE PHRASE CODE (NEW EDITION)

CALIT, CONDENSA, TEMPA

Calit, Condensa und Tempa sind keramische Isolierstoffe für hohe und höchste Frequenzen, die die Hescho in planmäßiger und zäher Forschungsarbeit auf neuartiger Rohstoffgrundlage entwickelt hat. Diese „Sondermassen" nehmen seitdem wegen ihrer wertvollen Werkstoffeigenschaften auf dem Gebiete der Hochfrequenztechnik eine überragende Stellung ein. Dem Empfänger- und Senderbau sowie namentlich auch der kommerziellen Kurzwellentechnik haben sie weitgehende fertigungstechnische Verbesserungen und darüber hinaus grundsätzliche Fortschritte ermöglicht.
Als dicht gebrannte keramische Stoffe sind Calit, Condensa und Tempa „chemisch tot" und weder dem Einfluß von Temperatur und Feuchtigkeit noch Änderungen ihres Gefüges durch Altern oder Ermüden unterworfen. Im Gegensatz zu organischen Isolierstoffen sind sie daher formstarr und tropenfest, zeitlich unveränderlich, nicht brennbar und bis über 1000° C hitzebeständig. Hervorzuheben sind weiter, Zahlentafel 1, ihre hohe elektrische Durchschlagfestigkeit, ihre gute Isolierfähigkeit selbst bei hohen Temperaturen sowie ihre große mechanische Festigkeit.
Da die Hochfrequenztechnik feste Isolierstoffe für zwei verschiedene Verwendungen — als isolierende Träger spannungführender Teile sowie als Dielektrikum von Kondensatoren — benötigt, müssen hochwertige Hochfrequenz-Isolierstoffe in beiden Fällen neben den vorerwähnten Eigenschaften möglichst geringe dielektrische Verluste und als Kondensator-Dielektrikum außerdem eine möglichst hohe Dielektrizitätskonstante aufweisen.

Zahlentafel 1

Werkstoff-Eigenschaften von Calit, Condensa F, Condensa C, Condensa N und Tempa S

	Calit	Condensa F	Condensa C	Condensa N	Tempa S
Scherben	dicht	dicht	dicht	dicht	dicht
Spezifisches Gewicht	2,6 . . . 2,7	3,9	3,9	3,7	3,1
Durchschlagfestigkeit bei 50 Hz . . . . in kV/mm	35 . . . 45	15 . . . 20	15	15 . . . 20	20
Dielektrischer Verlustfaktor bei 300 . . . 50 000 kHz und 20° C $tg\delta$ in 10^{-4}	4,1 . . . 3,2	4,3 . . . 3,3	7,2 . . . 2,8	8,5 . . 4,2	0,8 . . . 0,7
Dielektrizitätskonstante (D) . . .	6,5	65 . . 80	80	40	14
Kapazitätsänderung für 1° C zwischen 20 u. 80° C in 10^{-6}	+120...+160	-700..-740	-700..-740	-340..-380	+30 . . +50
Isolations- (Durchgangs-) Widerstand in Ohm · cm bei 300° C in 10^{10}	3,2	Ähnlich Condensa C	0,25	0,012	0,012
Druckfestigkeit . . . . . in kg/cm²	9500...10000		6200..8700	—	5000..6000
Zugfestigkeit . . . . . . in kg/cm²	650 . . . 950		650 . . . 820	620 . . . 730	600 . . . 680
Biegefestigkeit . . . . . in kg/cm²	1400 . . . 1600		1040	1500	800...1100
Schlagbiegefestigkeit cmkg/cm²	4,0 . . . 4,5		3,1	3,3	2,6 . . . 3,1
Elastizitätsmodul . . . in kg/mm²	10 860		13 000	11000	12 450
Linearer thermischer Ausdehnungskoeffizient in 10^{-6}	7,8		7,3	6,7	6,2
Erweichung . . . . bei ° C	1440		1480	1430	1520

Die Werte sind an Prüfkörpern ermittelt, die den Richtlinien der Deutschen Keramischen Gesellschaft (DKG) bzw. des Verbandes Deutscher Elektrotechniker (VDE) entsprechen. Die vorstehenden Zahlenwerte sind demnach nur Richtwerte und nicht in allen Fällen an Teilausschnitten aus Fertigstücken wiederzugewinnen.

In Zahlentafel 2 sind die dielektrischen Verluste von Calit, Condensa und Tempa im Rundfunk- und Kurzwellenbereich sowie ihre Dielektrizitätskonstanten den entsprechenden Werten unserer wertvollsten Naturerzeugnisse und denen früher bevorzugter Hochfrequenz-Isolierstoffe gegenübergestellt. Dieser Vergleich läßt den erzielten Fortschritt klar erkennen und ergibt im einzelnen, daß

> Calit bei normaler Dielektrizitätskonstante sehr geringe dielektrische Verluste aufweist,
>
> Condensa bei geradezu sprunghaft gesteigerter Dielektrizitätskonstante in seiner Abart Condensa F gleichfalls sehr geringe und in seinen Abarten Condensa C und N normale dielektrische Verluste hat,
>
> Tempa S bei erhöhter Dielektrizitätskonstante so erstaunlich geringe dielektrische Verluste besitzt, daß sie sogar noch unter denen von Quarz und Glimmer liegen.

Calit, das sehr ausgeglichene Eigenschaften hat, ist mithin sowohl als Dielektrikum von Hochfrequenz-Kondensatoren als auch als Werkstoff von Isolier- und Aufbauteilen vorzüglich geeignet, und zwar um so mehr, als es auch fertigungstechnisch außerordentlich begünstigt ist.
Aus Calit lassen sich z. B. selbst in kleinen Mengen und bei schwierigster Formgebung Isolierkörper herstellen, die aus Quarz, Glimmer, Quarzgut, Mycalex oder Hartgummi überhaupt nicht und wegen der teuren Preßformen aus Kunststoffen nur bei sehr hoher Stückzahl wirtschaftlich herstellbar sind.

Condensa und Tempa werden dagegen in Ausnützung ihrer hohen Dielektrizitätskonstanten fast ausschließlich als Dielektrikum von Hochfrequenz-Kondensatoren verwendet.

Kondensatoren aus den „hochkapazitiven" Condensa-Massen zeichnen sich hierbei durch hohe Kapazitätswerte bei kleinsten Abmessungen aus. Eine weitere Besonderheit ist, Zahlentafel 3, ihr negativer Temperaturkoeffizient. Diese Eigenschaft der Condensa-Massen ist gleichfalls von großer praktischer Bedeutung und hat es, vgl. S. 34, u. a. ermöglicht, ein völlig neuartiges Schaltelement der Hochfrequenztechnik, den von der Hescho entwickelten „Temperaturgang-Regler", auszubilden.

Kondensatoren aus Tempa S sind neben ihrer vorerwähnten ungewöhnlichen Verlustarmut durch eine unübertroffene Temperaturkonstanz gekennzeichnet. Im Gebrauchsbereich sind, Zahlentafel 3, ihre Kapazitätsänderungen unter dem Einfluß der Temperatur so klein, daß man sie auch bei sehr hohen Anforderungen praktisch stets vernachlässigen kann. Kondensatoren aus Tempa S eignen sich daher namentlich auch als Kapazitätsnormale oder zum Einbau in besonders hochwertige Schwingungskreise.

Die ausgedehnte und vielseitige Verwendung von Calit, Condensa und Tempa ist außer durch ihre vorzüglichen Werkstoffeigenschaften sehr wesentlich durch

Zahlentafel 2

Dielektrischer Verlustfaktor und Dielektrizitätskonstante fester Isolierstoffe für die Hochfrequenztechnik

$tg\,\delta$ in 10^{-4} bei 20° C

Wellenlänge in m in kHz	1000 300	300 1000	100 3000	30 10000	6 50000	Dielektrizitätskonstante
Tempa S	**0,8**	**0,8**	**0,8**	**0,7**	**0,7**	**14**
Quarz	1,0	1,0	1,0	1,0	1,1	4,7
Glimmer	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	7
Quarzglas	1,8	1,8	1,8	1,7	1,7	4,2
Calit	**4,1**	**3,8**	**3,7**	**3,4**	**3,2**	**6,5**
Trolitul	4,1	3,9	3,7	4,5	5,4	2,2
Condensa F	**4,3**	**4,0**	**3,8**	**3,5**	**3,3**	**65...80**
Quarzgut	5,0	5,2	5,5	5,8	7,0	3,9
Condensa C	**7,2**	**5,6**	**4,1**	**3,2**	**2,8**	**80**
Condensa N	**8,5**	**6,9**	**5,5**	**4,6**	**4,2**	**40**
Mycalex	19	18	18	18	18	8
Hartgummi	65	64	61	57	53	3
Porzellan	70	55	49	63	85	5,4
Bakelit	100	160	200	220	260	2,8
Pertinax	220	280	350	720	1000	5,4

Die Angaben gelten für den Werkstoff an sich und stellen daher z. B. keine Garantiewerte für keramische Isolierkörper dar. Die fettgedruckten Werte beruhen auf Messungen der Hescho, die übrigen sind der Veröffentlichung von L. Rohde, ATM, Sept. 1933, entnommen.

Zahlentafel 3

Temperaturkoeffizient fester Hochfrequenz-Kondensatoren

Die Zahlenangaben sind lediglich Richtwerte, jedoch keine Garantiewerte

Dielektrikum	Kapazitätsänderung in 10^{-6} für 1° C zwischen 20° und 80° C
Porzellan	+ 500 ... + 600
Calit	**+ 120 ... + 160**
Glimmer*)	+ 60 ... + 100
Tempa S	**+ 30 ... + 50**
Condensa N	**— 340 ... — 380**
Condensa F	**— 700 ... — 740**
Condensa C	**— 700 ... — 740**

*) Bei Glimmer-Kondensatoren ist der Temperaturgang nicht linear wie bei den Keramischen Kondensatoren; vgl. H. Handrek, ATM 1936, Z 136—1, und Abbildung 37.

bahnbrechende Fertigungsverfahren gefördert worden, die die Hescho ausgebildet und in den Herstellungsgang übernommen hat.
Ohne auf diese nachstehend behandelten Verfahren einzugehen, sind hier das Zwischenbearbeiten verglühter Stücke, das Erzielen höchster Maßgenauigkeit durch Nachbearbeiten fertiggebrannter Stücke sowie das unmittelbare, elektrisch verlustfreie Aufbrennen des Belages auf das Dielektrikum von Kondensatoren und des Leiters auf den Tragkörper von Spulen zu nennen. Das Aufbrennen eines Metallbelages wird auch bei keramischen Isolier- und Aufbauteilen angewandt und ermöglicht es, gegebenenfalls nach entsprechender Verstärkung des Belages, Anschlüsse oder Armaturen an derartige Werkstücke anzulöten und hierdurch ihre Verwendbarkeit weitgehend zu steigern.

Weitere neuartige Fertigungsmöglichkeiten, die die Hescho auf Grund umfassender Forschungen betriebsreif durchgebildet hat, umfassen Verfahren zum vakuumdichten, mechanisch festen und temperaturwechselbeständigen Verschmelzen keramischer Körper mit Glas und Metall. Infolgedessen lassen sich die Hescho-Sondermassen, insbesondere Calit, heute auch in der Vakuum- und Röhrentechnik überall da verwenden, wo das wegen ihrer Glas überlegenen werkstofflichen und fertigungstechnischen Eigenschaften vorteilhaft ist.

CALIT

Eingetragenes Warenzeichen

Calit ist ein besonders reines, völlig eisenfreies Magnesiumsilikat, das in gebranntem Zustande weiße bis elfenbeinartige Färbung besitzt. Seine wichtigsten Werkstoffeigenschaften sind in Zahlentafel 1 zusammengefaßt, während Zahlentafel 2 seine dielektrischen Verluste[1]) denen der wichtigsten Isolierstoffe gegenüberstellt, die bisher für die fabrikationsmäßige Herstellung von Hochfrequenzgeräten verwendet werden mußten. Hiernach betragen die dielektrischen Verluste von Calit z. B. bei 300 kHz nur etwa 1/16, 1/25 und 1/50, bei 50000 kHz nur etwa 1/17, 1/80 und 1/300 derjenigen von Hartgummi, Bakelit und Pertinax. Man kann daher die durch die Isolierstoffe verursachten Dämpfungsverluste, die den größten Teil der Energieverluste in Hochfrequenzgeräten ausmachen, durch Verwendung von Calit weitgehend verringern.

Dementsprechend werden durch Isolier- und Aufbauteile aus Calit bei Empfangsgeräten die Empfindlichkeit und die Trennschärfe gesteigert, während ihr Einbau in Sender den Wirkungsgrad erhöht und schädliche Erwärmungen verhindert.

FORMGEBUNG UND BRAND

Werkstücke aus Calit werden auf kaltem Wege in plastischem, mehr oder minder feuchtem Zustande durch Drehen, Gießen, Spritzen, Trocken- oder Feuchtpressen geformt.

Hierbei zeichnen sich namentlich die trocken gepreßten Stücke durch scharfe Umrisse aus. Eine Formgebung durch Trocken- oder Feuchtpressen kommt allerdings wegen der erforderlichen Stahlwerkzeuge nur bei größerer Stückzahl in Frage. Rohre und Vollstäbe werden gezogen, während Umdrehungskörper größerer Abmessungen gedreht und alle anderen Körper gegossen werden.

---

[1]) Die dielektrischen Verluste von Calit nehmen demnach mit steigender Frequenz ab, wie dies nach einwandfreien Messungen der neuesten Zeit bei fast allen anorganischen Isolierstoffen der Fall ist. Wenn früher z. T. ein anderer Verlauf gefunden wurde, so erklärt sich das durch Meßfehler oder nicht zutreffende Untersuchungsbedingungen.

Läßt sich ein Körper sowohl auf die eine als auch auf die andere Weise herstellen, so sind für das Herstellverfahren der Preis und die Anforderungen ausschlaggebend, die, vgl. nachstehend, an seine Maßhaltigkeit gestellt werden.
Die nach einem der vorgenannten Verfahren geformten Stücke werden an der Luft oder künstlich getrocknet und dann in Sonderöfen bei 1300...1400° C gebrannt. Erforderlichenfalls, z. B. wenn die Stücke einer Zwischenbearbeitung unterzogen werden sollen, wird der Brand in zwei Stufen vorgenommen, wobei dem vorerwähnten „Gar- oder Glattbrand" ein „Verglühbrand" (Vorbrennen) bei 800...900° C vorausgeht.
Im Verglühbrande wird aus den Werkstücken alle Feuchtigkeit und auch das Kristallwasser ausgetrieben. Damit sind die Trocken- und die Glühschwindung abgeschlossen, die sich vorher nur angenähert schätzen lassen. Weiter werden die Werkstücke durch den Verglühbrand verfestigt, was für ihre etwaige Zwischenbearbeitung gleichfalls erforderlich ist.
Im Glattbrande wird der rohe oder verglühte Scherben, der noch bei 900° C porös ist, dicht gesintert. Die diese Sinterung bewirkende Schwindung läßt sich im Gegensatz zu der Schwindung im Glühbrande genau vorausbestimmen und beträgt, auf den rohen Zustand bezogen, etwa 10%.

MASSHALTIGKEIT

Bei Werkstücken aus Calit, die die übliche Größe nicht überschreiten und eine einfache Gestalt aufweisen, können — ohne Nachbearbeiten — im allgemeinen die folgenden Abmaße zugestanden werden:
± 3% bei der Herstellung durch Drehen oder Gießen
± 1,5...2% bei der Herstellung durch Feuchtpressen oder Spritzen (Strangpressen)
± 1% bei der Herstellung durch Trockenpressen.

ZWISCHEN- UND NACHBEARBEITEN

Für die kurzfristige Anfertigung von Mustern, die Fertigbearbeitung von Trockenpreßlingen sowie zum Erzielen höherer Genauigkeiten, als sie durch Gießen und Drehen erreichbar sind, werden weißtrockene oder verglühte Stücke einer Zwischenbearbeitung durch Bohren, Drehen, Fräsen, Gewindeschneiden oder dgl. unterzogen.
Eine den höchsten Ansprüchen genügende Genauigkeit erreicht man durch Nachbearbeiten der fertiggebrannten Stücke durch Schleifen und Polieren, wodurch sich bei Körpern geeigneter Formgebung, Abb. 1, Genauigkeiten von ± 1/100 mm und selbst darüber erzielen lassen. Man kann daher hier mit Recht von einer „Präzisions-Keramik" sprechen, die den Forderungen des Austauschbaues entspricht.
Bei einfachem Plan- oder Zylinderschliff stellt sich ein derartiges Nachbearbeiten auf Sondermaschinen, wie sie die Hescho z. T. selbst entworfen hat, so billig, daß es auch für Massenerzeugnisse anwendbar ist. Anderseits werden aber auch Einzelstücke schwieriger Formgebung vielfach durch Schleifen nachbearbeitet.

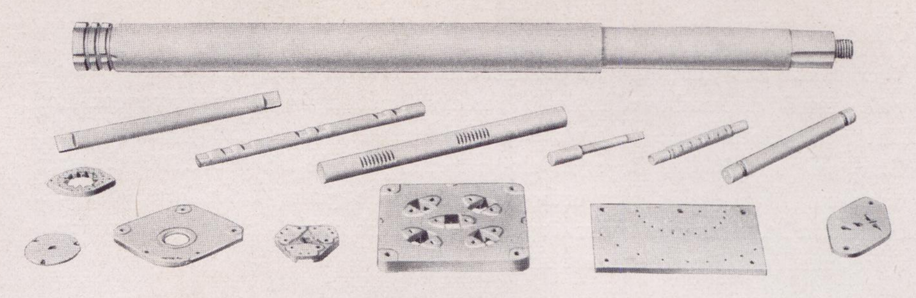


Abbildung 1
Durch nachträgliches Schleifen und Polieren auf höchste Maß-genauigkeit ($\pm$ $^{1}/_{100}$ mm) gebrachte Calitteile

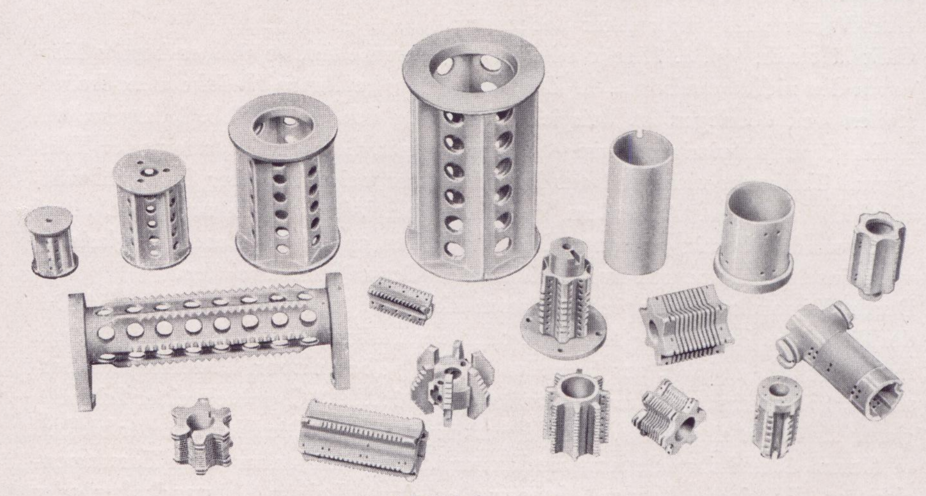


Abbildung 2
Isolier- und Aufbauteile schwieriger Formgebung

GLASUR

Werkstücke aus Calit sind als dichtgebrannte Körper auch ohne Glasur hochvakuumdicht und werden deshalb meistens unglasiert verwendet. Calit läßt sich jedoch ohne weiteres auch farblos, weiß oder farbig glasieren. Das Glasieren wird in der Regel in einem neuen Brande bei 800...900° C vorgenommen. Man erzielt hierdurch eine glänzende glatte Oberfläche, die z. B. erwünscht ist, wenn die Isolierkörper im Gebrauch starken Schmutz- oder Feuchtigkeitsniederschlägen ausgesetzt sind.

FERTIGUNGSTECHNISCHE VORZÜGE

Für eine hochentwickelte Massenfertigung, wie sie in der Rundfunkindustrie üblich ist, sind nicht nur die mechanischen und elektrischen sondern auch die für die betriebliche Fertigung in Frage kommenden Eigenschaften eines Werkstoffes von größter Bedeutung.

Calit läßt sich, vgl. S. 7, sehr vielseitig verarbeiten, so daß es bereits hierdurch den nichtkeramischen, in Zahlentafel 2 aufgeführten Hochfrequenz-Isolierstoffen weit überlegen ist. Beispielsweise lassen sich die in Abb. 2 dargestellten Isolierkörper schwieriger Formgebung aus Quarz, Glimmer, Mycalex oder Hartgummi überhaupt nicht und aus Kunstharz nur bei sehr hoher Stückzahl wirtschaftlich herstellen. Außerdem kann man bei Werkstücken aus Calit, abgesehen von dem bereits genannten Nachbearbeiten, auch durch Zusammenglasieren von Einzelteilen eine außerordentlich hohe Genauigkeit erreichen.

Durch Zusammenglasieren lassen sich z. B. Isolierkörper, die hinsichtlich des Einhaltens bestimmter Abstände oder der Stellung bestimmter Teile äußerst maßhaltig sein müssen, aus bereits fertiggebrannten Einzelkörpern herstellen, die in einem weiteren Brande (bei 800...900° C) mittels einer Schmelzglasur zu einem einzigen Werkstück vereinigt werden. Die Einzelkörper bleiben in diesem Schmelzbrande unverändert, und man kann daher beim Zusammenglasieren die einzuhaltenden Abmessungen durch Lehren, Abstandhalter oder Schablonen genau festlegen. Hierdurch lassen sich in einfacher Weise alle Ungenauigkeiten ausgleichen, die die Einzelkörper als Folge der bei ihrem eigenen Fertigungsgange erlittenen Trocken- und Brennschwindung aufweisen. Als Ausführungsbeispiel zeigt Abb. 3 einen Calitkörper, der durch Zusammenglasieren der dargestellten, bereits fertiggebrannten und fertigbearbeiteten Einzelteile hergestellt worden ist und sich hinsichtlich der vorgeschriebenen Abstände der Löcher und Einschnitte durch höchste Maßgenauigkeit auszeichnet.

Für den Aufbau von Hochfrequenzgeräten ist es weiter sehr vorteilhaft, daß man Calit mit Metallteilen in verschiedenster Weise zeitbeständig verbinden kann. Hierdurch erübrigt sich jede Verwendung von Kitten oder Klebmitteln, die im Hochfrequenzfeld starke Verluste verursachen.

Wegen seiner hohen mechanischen Festigkeit kann man Calit mit Metallarmaturen unmittelbar verschrauben oder vernieten oder in Ringe, Kappen u. dgl. kalt einpressen. Ferner lassen sich auf Calit, da es sehr

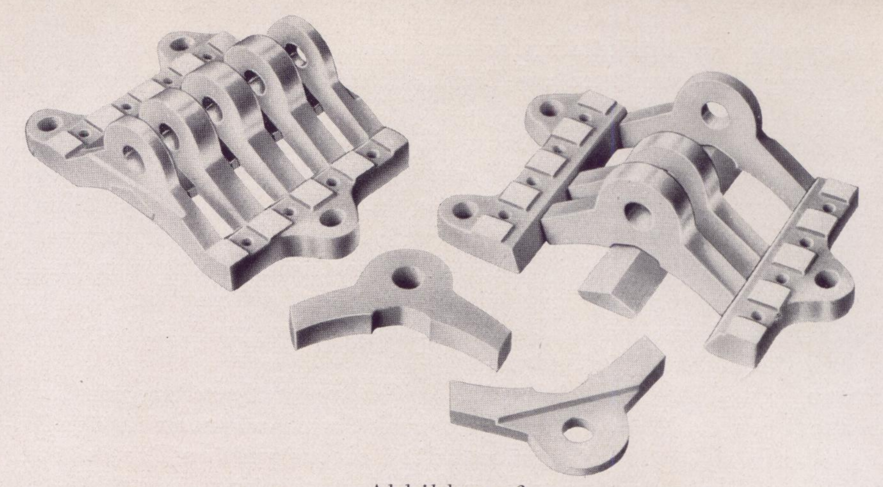


Abbildung 3
Aus fertiggebrannten Einzelteilen zusammenglasierter Calitkörper höchster Maßgenauigkeit

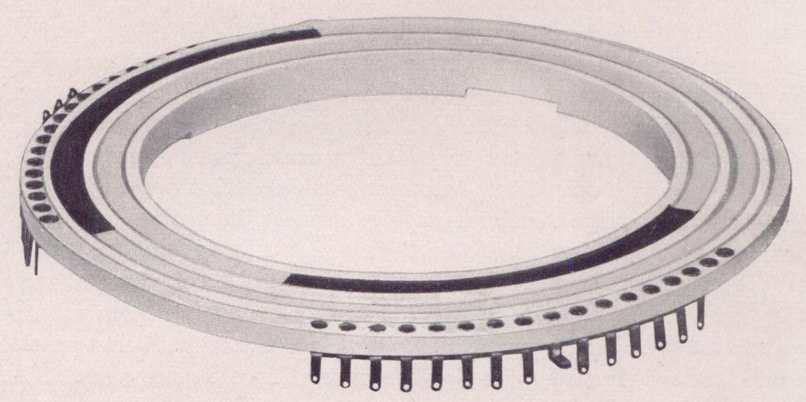


Abbildung 4
In Calitkörper elektrisch eingestauchte Armaturen

hitzebeständig ist, Metallteile aufschrumpfen, ein Verfahren, das z. B. zur Befestigung der Rotorplatten von Drehkondensatoren auf Calitachsen vielfach verwendet wird.
Besonders hervorzuheben ist, Abb. 4, ein von der Kerb-Konus G.m.b.H. zusammen mit der Hescho ausgebildetes Verfahren zum Einstauchen von Gewindebolzen, Klemmen, Steckerstiften u. dgl. in Calitkörper. Hierbei werden die in das Werkstück hineinragenden Ansätze der Metallarmierungen zunächst elektrisch erweicht und erst dann eingestaucht. Bei dem Stauchvorgang wird daher jede stoßartige Beanspruchung vermieden, während das Schrumpfen der Ansätze beim Abkühlen dazu beiträgt, daß sie in dem Calitkörper völlig festsitzen.
Einen gänzlich neuen Weg hat die Hescho der Herstellung von Kondensatoren und Spulen durch das unmittelbare Aufbrennen des Belages auf das Dielektrikum bzw. des Leiters auf den Tragkörper erschlossen. Durch diese elektrisch verlustfreie Verbindung eines Edelmetallbelages (meistens Silber) mit einem formstarren und zeitlich unveränderlichen Dielektrikum oder Tragkörper erhält man Kondensatoren von einer bisher unerreichten Konstanz der Kapazitätswerte und Spulen mit unveränderlichen Induktivitätswerten.
Das Aufbrennen von Metallbelägen auf Calitkörper ermöglicht es ferner, Rundfunk-Aufbauteile zu vereinfachen oder zweckmäßiger zu gestalten. So kann man häufig, wie Abb. 5 als Ausführungsbeispiel zeigt, das Verlegen von Leitungen und Anschlüssen durch Aufbrennen eines Belages ersetzen, der nötigenfalls galvanisch oder durch Bespritzen verstärkt wird, um Kontaktfedern, Anschlüsse oder sonstige Armierungen anlöten zu können.
Auch kann man auf diese Weise in Bohrungen oder Hohlräume von Calitkörpern selbst Metallteile großer Abmessungen einlöten und im weiteren Verlauf der Fertigung durch Bohren, Fräsen, Gewindeschneiden usw. bearbeiten. Derartige Isolierkörper, Abb. 6, vereinigen dann die Formstarrheit von Calit mit der durch nachträgliches Bearbeiten erzielbaren Genauigkeit von Metall. Bei einer größeren Zahl gleichartiger Lötungen kann man bei entsprechender Ausbildung des Calitkörpers die zeitraubenden Einzellötungen durch eine in einem Arbeitsgang durchführbare „Tauchlötung" ersetzen, wie dies z. B. aus Abb. 5 ersichtlich ist.
Der Herstellung von Vakuumröhren hat Calit gleichfalls neuartige Möglichkeiten eröffnet, nachdem die Hescho die Aufgabe, keramische Isolierstoffe mechanisch fest, hochvakuumdicht und temperaturwechselbeständig mit Glas zu verschmelzen, einwandfrei gelöst hat[2]). Man kann daher, vgl. z. B. Abb. 7, heute Calit oder andere keramische Sondermassen in der Vakuumtechnik überall dort verwenden, wo das wegen ihrer Glas überlegenen Werkstoffeigenschaften oder ihrer vielseitigeren Verformbarkeit erwünscht ist.

---

[2]) H. Handrek, Z. techn. Physik, Bd. 15 (1934), S. 494; Bd. 17 (1936), S. 456.

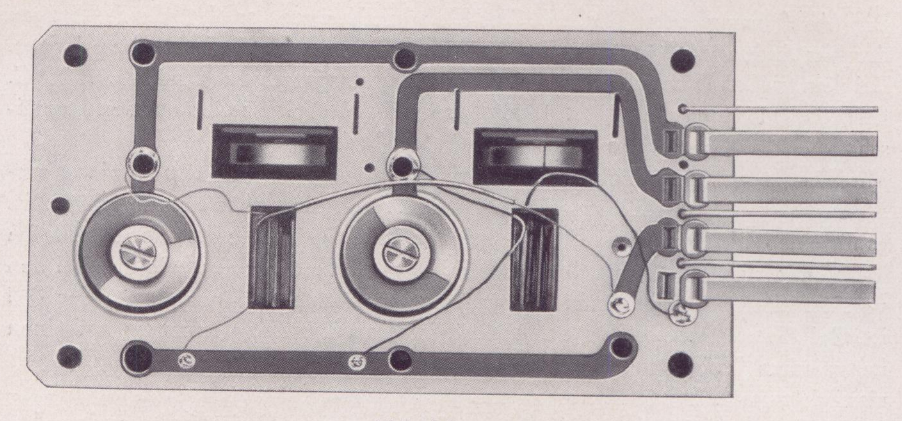


Abbildung 5
Grundplatte aus Calit mit aufgebrannten Leitungen und Belägen der Trimmersockel. Sämtliche Anschlüsse wurden durch eine gemeinsame Tauchlötung mit der Platte verbunden

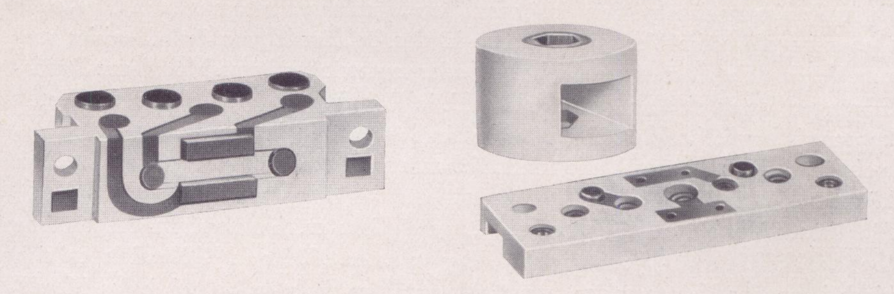


Abbildung 6
Isolierkörper aus Calit mit eingelöteten Metallteilen, die im weiteren Fertigungsgange bearbeitet werden

Die Ausführung von Keramik/Glas-Verschmelzungen erfolgt durch Erhitzen der Verbindungsstelle mittels der Gebläseflamme oder auf elektrischem Wege. Bei dem großen Unterschied in den Erweichungstemperaturen (Glas 500...900° C, keramische Isolierstoffe 1300...1500° C) schmilzt hierbei das Glas auf den keramischen Teil auf, der seine Form unverändert beibehält.

Mit Glas als Zwischenmittel lassen sich auch, Abb. 8, massive Stromleiter gasdicht in keramische Hohlkörper, z. B. Röhrensockel, einschmelzen. Hierbei ist es für eine widerstandsfähige Verschmelzung zweckmäßig, die Metalloberfläche im Verhältnis zum Metallquerschnitt möglichst groß zu bemessen, wie dies bei den von der Hescho ausgebildeten „Metallhaut"-Durchführungen[3]) der Fall ist. Bei diesen Durchführungen, Abb. 9, ist ein Silberbelag hautartig auf einen keramischen Träger aufgebrannt, so daß er sich der Dehnung des Trägers elastisch anpaßt. Wegen ihrer guten Abkühlungsverhältnisse weisen Metallhaut-Durchführungen eine hohe elektrische Belastbarkeit auf, die insbesondere bei Hochfrequenz sehr günstig ist. Die Metallhaut-Durchführungen werden in keramische Gefäße unter Verwendung eines leichter schmelzenden Glasflusses, und zwar am besten elektrisch, so eingeschmolzen, daß nicht nur die Einschmelzstelle sondern das ganze Stück entsprechend erhitzt wird. Hierbei bleibt die Gefäßwandung unverändert, da die Einschmelztemperatur, wie vorstehend erwähnt, wesentlich unter der Erweichungstemperatur des keramischen Werkstoffes liegt. Demgegenüber wird bei den bisher üblichen Metalleinschmelzungen in Glas- oder Quarzglasgefäße die Verbindungsstelle in der Gebläseflamme örtlich erhitzt und zum Verschmelzen zusammengequetscht oder sonstwie verformt. Metallhaut-Durchführungen lassen sich außer in Stab- auch in Rohrform oder, Abb. 10, in Gestalt konzentrischer Rohre ausführen, wobei in den beiden letztgenannten Fällen sowohl die Außen- als auch die Innenflächen zur Stromleitung ausgenutzt werden können.

Ein drittes Verfahren, Abb. 11 u. 12, ermöglicht es, hochvakuumdichte Keramik/Metall-Verschmelzungen auszuführen[4]). Handelt es sich hierbei um das Verschmelzen von Calit mit Metallrohren, so wird das Metallrohr unter Vorspannung, z. B. durch Aufschrumpfen, auf den keramischen Körper aufgebracht, wodurch es zwangläufig dessen Ausdehnungsverhalten folgt. Hierauf wird die Verbindungsstelle mit einem zu dem keramischen Körper passenden Glas überschmolzen, wodurch man eine mechanisch feste Verbindung erhält. In ähnlicher Weise kann man Metallzylinder auch an keramische Platten anschmelzen.

---

[3]) H. Handrek, a. a. O.

[4]) H. Handrek, Ber. dtsch. Keram. Ges., Bd. 18 (1937), S. 539.

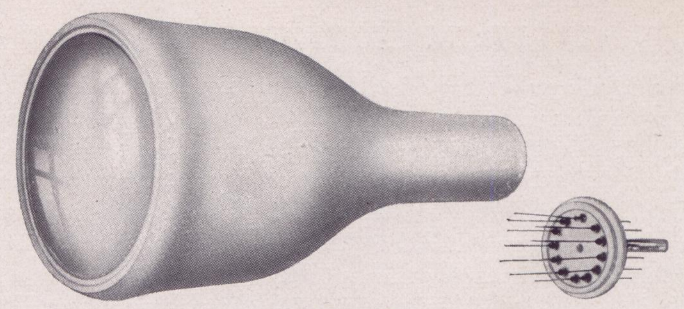


Abbildung 7 u. 8
Vakuumröhre aus Calit mit eingeschmolzener Glasplatte
und Calitsockel mit eingeschmolzenen Stromeinführungen

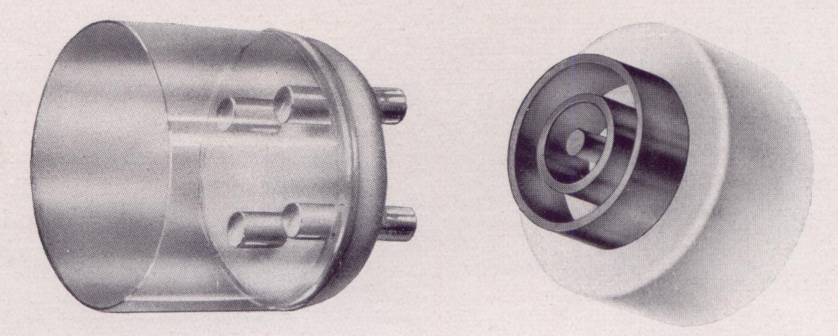


Abbildung 9 u. 10
Metallhaut-Durchführungen durch keramische Wandungen in Stabform
und in Gestalt konzentrischer Rohre

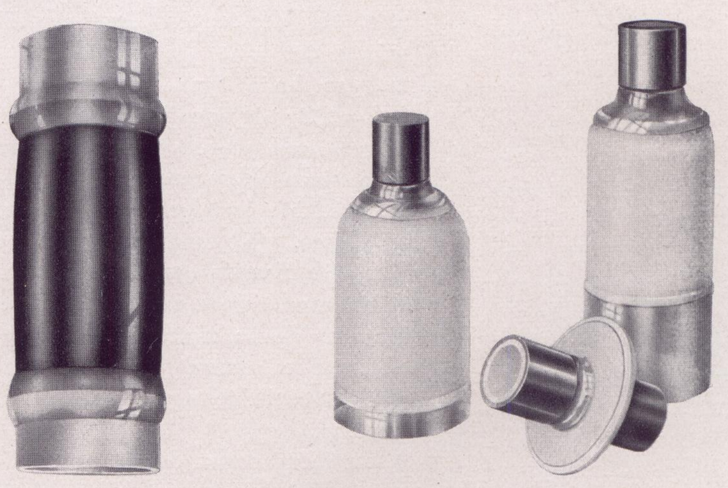


Abbildung 11 u. 12
Verschmelzungen von Calit- und Kupferrohren sowie Kupferrohr-Einschmelzungen durch
Calit-Wandungen (z. B. als Stromdurchführungen für Kurzwellen-Röhren)

CALIT IM EMPFÄNGERBAU

Solange der Empfängerbau auf organische Isolierstoffe mit hohen dielektrischen Verlusten angewiesen war, suchte man Isolierteile beim Aufbau der Schwingungskreise nach Möglichkeit zu vermeiden. Die unbedingt erforderlichen ordnete man dagegen so an, daß sie nur schwachen Hochfrequenzfeldern ausgesetzt waren und die spannungführenden Teile in weitem Abstand hielten. Schwingungskreise dieses Aufbaues waren naturgemäß mechanisch nur wenig fest. Auch ließ ihre Unveränderlichkeit und Formstarrheit sehr zu wünschen übrig, da alle organischen Isolierstoffe im Laufe der Zeit altern und den Einwirkungen von Temperatur und Feuchtigkeit unterliegen. Das verlustarme, formstarre und zeitlich unveränderliche Calit hat daher den Aufbau von Schwingungskreisen grundlegend umgestaltet.

Hinzu kommt, daß man eine hohe Trennschärfe, die man früher nur durch Vermehren der Abstimmkreise und den Einbau weiterer Röhrenstufen erzielen konnte, heute zweckmäßiger und wirtschaftlicher dadurch erreicht, daß man alle die Empfangsgüte beeinflussenden Isolier- und Aufbauteile aus Calit herstellt. Dies gilt namentlich, da die Dämpfungsverluste mit steigender Frequenz zunehmen, für Geräte, die neben einem Rundfunk- auch einen Kurzwellenteil besitzen. Hierbei ist es überaus wertvoll, daß Calit sehr preiswert ist und daher weitgehend auch in einfachen und billigen Geräten verwendet werden kann.

Den großen Einfluß der Dämpfungsverluste auf die Trennschärfe eines Empfängers zeigt Abb. 13 an den Resonanzkurven eines Schwingungskreises mit hohen und eines mit geringen dielektrischen Verlusten. Lägen diese Schwingungskreise z. B. vor der ersten Empfängerröhre, so würde der eine ($tg\delta = 39 \cdot 10^{-4}$) eine 4 mal so hohe Spannung als der andere ($tg\delta = 156 \cdot 10^{-4}$) an das Gitter der Röhre führen und wegen seiner spitzeren und schlankeren Resonanzkurve eine höhere Trennschärfe und bessere Abstimmung ermöglichen.

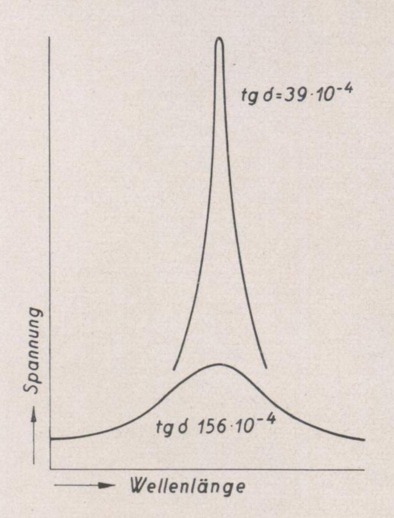


Abbildung 13
Resonanzkurve eines Schwingungskreises mit hohen und eines mit geringen Dämpfungsverlusten

Für die Empfangsgüte eines Rundfunkempfängers ist demnach ein geringer Verlustfaktor der aus Kondensatoren und Spulen bestehenden Abstimmungskreise ausschlaggebend.

Nachstehend sollen deshalb kurz die wichtigsten Verbesserungen behandelt werden, die sich durch den Einbau von Calit in Abstimmungskreise erzielen lassen.

DREHKONDENSATOREN

Die Schwingungskreise guter Empfangsgeräte erhalten, da Luft nächst dem Hochvakuum der beste Isolator ist, durchweg Drehkondensatoren, deren Platten gegeneinander durch Luft isoliert sind. Der mechanische Zusammenhalt zwischen Stator und Rotor erfordert jedoch einen festen Isolierstoff.

Die hierdurch verursachten Dämpfungsverluste suchte man früher ausschließlich von der konstruktiven Seite her dadurch zu verringern, daß man die durch den Isolierstoff verkörperte, parallel zu der Gesamtkapizität des Kondensators liegende Festkapazität möglichst klein hielt.

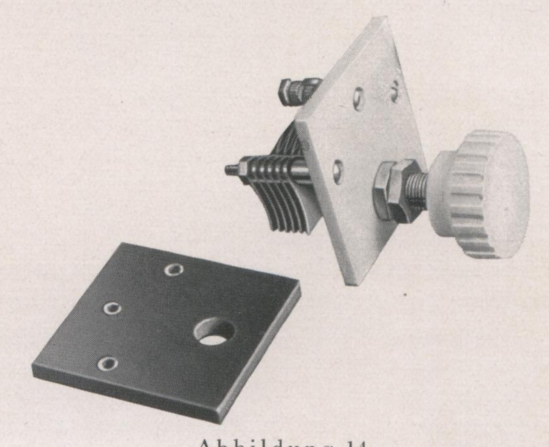


Abbildung 14

Verbesserung eines Drehkondensators durch Auswechseln seiner Pertinax-Stirnplatte gegen eine aus Calit. (Bei 2000 kHz vor dem Auswechseln $tg\,\delta = 6 \cdot 10^{-4}$, nach dem Auswechseln $tg\delta = 0{,}8 \cdot 10^{-4}$)

Eine zweckmäßigere Lösung erzielt man von der Werkstoffseite her durch Verwendung eines Isolierstoffes mit kleinem Verlustwinkel. Obwohl der Kapazitätsanteil des Isolierstoffes bezogen auf die Gesamtkapazität eines derartigen Drehkondensators nur gering ist, ergibt sich hieraus doch eine überraschend große Verbesserung. So wurde z. B. an dem in Abb. 14 dargestellten, ursprünglich mit einer Stirnplatte aus Pertinax isolierten Drehkondensator bei 2000 kHz ein Verlustfaktor von $tg\delta = 6 \cdot 10^{-4}$ und nach dem Auswechseln dieser Stirnplatte gegen eine aus Calit ein Verlustfaktor von nur noch $tg\,\delta = 0{,}8 \cdot 10^{-4}$ gemessen. Ohne jede konstruktive Änderung wurde also allein durch den hochwertigen keramischen Isolierstoff der Verlustfaktor dieses Kondensators auf rd. $1/7$ seines ursprünglichen Wertes heruntergesetzt.

Eine weitere werkstoffmäßige Verbesserung von Drehkondensatoren erzielt man, wenn man nicht nur die für den Zusammenbau von Stator und Rotor benötigten Isolierteile, sondern auch, Abb. 15, die üblicherweise aus Metall bestehende Rotorwelle durch eine verlustarme Achse aus Calit

ersetzt. Calitachsen, die, vgl. S. 8, verhältnismäßig sehr billig mit einem Abmaß bis zu nur $\pm$ 1/100 mm hergestellt werden, ermöglichen wegen ihrer unbedingten Formstarrheit einen Aufbau mit kleinerem Plattenabstand und kleineren Abmessungen. Hieraus ergeben sich weiter eine geringere Streuung und als Folge der Isolierung von Rotor und Stator vom Metallgehäuse vielseitigere Schaltmöglichkeiten. Bei Mehrfachkondensatoren wird überdies durch eine Calitachse eine vollständige Trennung und damit eine gleichfalls erwünschte elektrische Entkoppelung der einzelnen Systeme bewirkt.
Die Formstarrheit und Unveränderlichkeit von Drehkondensatoren kann man im übrigen noch dadurch steigern, daß man auch das Kondensatorgestell aus Calit herstellt und seine Oberfläche zwecks Abschirmung metallisiert. Schließlich kommen für besondere Fälle auch Stator- und Rotorplatten aus Calit mit unmittelbar aufgebrannten Metallbelägen in Frage. Ein solcher ganz und gar keramischer Kondensator bietet neben einer Formstarrheit und Unveränderlichkeit, wie sie auf anderem Wege nicht zu erreichen ist, den weiteren Vorteil, daß jedes akustische Mitschwingen fortfällt.

WICKLUNGSTRÄGER FÜR SPULEN

Bei Spulen spielt der Isolierstoff als Dielektrikum eine weniger große Rolle, weil er als Quelle von Dämpfungsverlusten nur entsprechend der Eigenkapazität der Spule, die klein gehalten werden kann, in Frage kommt. Im allgemeinen können daher diese Dämpfungsverluste gegenüber den in der Wicklung selbst liegenden Verlusten vernachlässigt werden.
Dagegen müssen die mechanische Festigkeit und die Formstarrheit des Wicklungsträgers hohen Anforderungen genügen, da sie die wichtigste Eigenschaft einer Spule — ihre Unveränderlichkeit — weitgehend beeinflussen.
Mit der Verbesserung der Empfängerspulen hinsichtlich der Wicklung, des Leiters und seiner Isolation sind daher auch die Anforderungen an den Wicklungsträger derart gewachsen, daß sie über die Werkstoffeigenschaften von Hartgummi oder Hartpapier, aus denen die Spulenträger früher hauptsächlich hergestellt wurden, erheblich hinausgehen und einwandfrei nur von hochwertigen keramischen Isolierstoffen erfüllt werden können.
Bei der hohen mechanischen Festigkeit von Calit wird z. B. selbst ein sehr dünnwandiger Wicklungsträger auch bei festem Aufwickeln des Leiters nicht verspannt. Derartige Calitkörper sind außerdem gegen Feuchtigkeit und Temperaturschwankungen unempfindlich sowie zeitlich unveränderlich, was insbesondere für Kurzwellen- und Ultrakurzwellen-Spulen sehr wichtig ist, da bei ihnen die geringste Formänderung bereits eine Änderung der Induktivität und damit der Abstimmung bewirkt.
Aus Calit lassen sich überdies Wicklungsträger mit geschliffenen und polierten Zylinderflächen, hohen Rippen, Ansätzen und Ausladungen oder sonstiger schwieriger Formgebung auch in kleinen Mengen wirtschaftlich herstellen. Auf diese Calitkörper, Abb. 16, wird der Leiter entweder freitragend aufgewickelt oder als Scheibenwicklung in Einschnitten und Nuten verlegt.

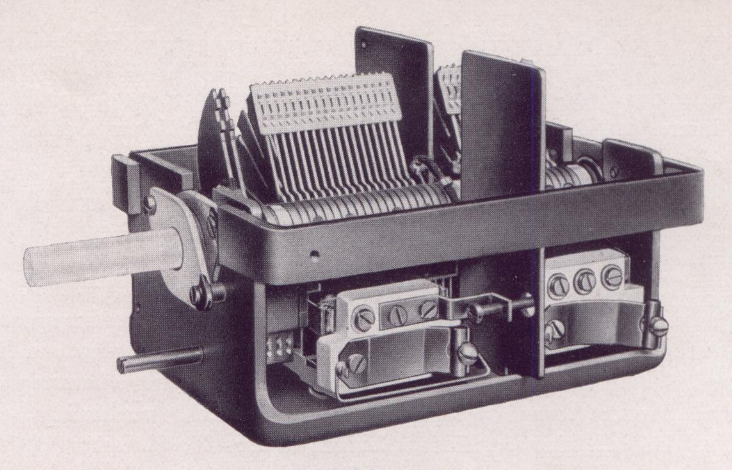


Abbildung 15
Drehkondensator mit Calit-Achse und Calit-Isolation des Ständers, die gleichzeitig als Grundplatte für die Quetschtrimmer dient

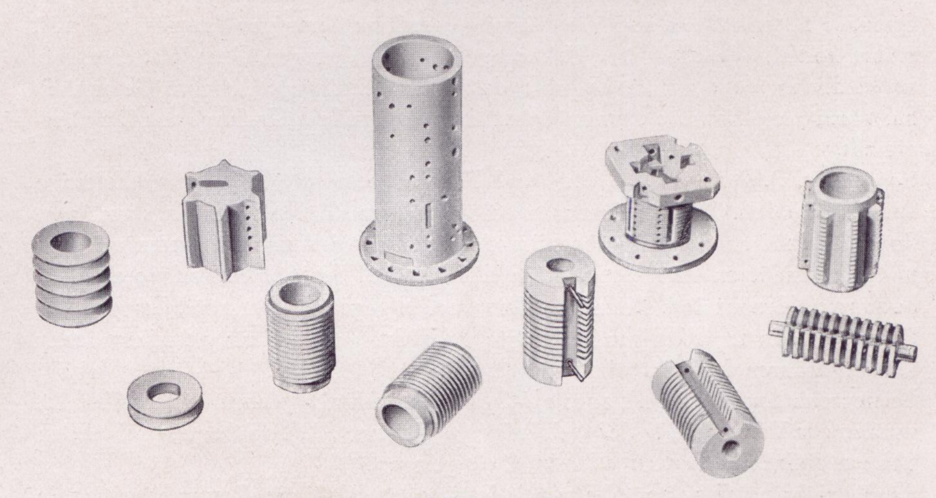


Abbildung 16
Calitkörper für Kurzwellen- und Ultrakurzwellenspulen

Zu den Spulenkörpern können im Hinblick auf den isolierenden Tragkörper auch die Hochfrequenzdrosseln gerechnet werden, deren Wicklung zur Verringerung der Eigenkapazität im allgemeinen als Scheibenwicklung aufgebracht wird, während im übrigen für ihre Durchbildung die gleichen Gesichtspunkte wie für die vorstehend behandelten Abstimmspulen gelten.

RUNDFUNK-KONDENSATOREN

Hinsichtlich Aufbau und Formgebung sind umwälzend auch die festen und veränderbaren Kleinkondensatoren, die als Überbrückungs-, Kopplungs-, Gitter- oder Abstimmungskondensatoren in den Schaltungen der Empfangsgeräte benötigt werden, durch die Hescho-Sondermassen Calit, Condensa und Tempa sowie durch das Aufbrennen des Belages auf das Dielektrikum verbessert worden. Über diese Kondensatoren ist an anderer Stelle[5]) bereits ausführlich berichtet worden, so daß sich hier ein näheres Eingehen darauf erübrigt.

AUFBAUTEILE, HALTERUNGEN

Dielektrische Verluste treten außer in den frequenzbestimmenden Elementen der Abstimmkreise auch im Isolierstoff aller Bauteile auf, die im Hochfrequenz- oder im Streufeld liegen. Wenn auch die Dämpfungsverluste derartiger Bauteile, wie z. B. Röhrensockel, Wellenschalter, Halterungen, Durchführungen, Grundplatten u. dgl., im einzelnen gering sind, so trifft das doch keineswegs für ihre Gesamtheit zu. Auch diese Bauteile werden daher heute in großem Umfange aus Calit hergestellt.

So zeigt z. B. Abb. 17 Sockel und Fassungen aus Calit für hochwertige Rundfunkröhren. Hierbei sieht man bei vielpoligen Röhren neuerdings auch von Sockelstiften ab, zwischen denen störende Kapazitätswirkungen auftreten würden, und verwendet an ihrer Stelle schmale Kontakte, deren Metallbeläge auf den Sockel aufgebrannt sind. Diese Kontakte werden gegen entsprechend ausgebildete Federn in den topfförmigen Fassungen gedrückt, wodurch ein unbedingt fester Sitz der Röhren bewirkt wird.

Bei neuzeitlichen Wellenbereich-Schaltern für Empfängerspulen, Abb. 18, werden zur Verringerung der dielektrischen Verluste alle hochfrequenzführenden Teile aus Calit hergestellt oder in Calit gelagert.

Auch bei Bandfiltern, die verhindern sollen, daß die Resonanzkurve die Seitenbänder beschneidet, läßt sich durch Calit ein formstarrer und verlustarmer Zusammenbau erzielen.

Zu erwähnen sind schließlich noch Grundplatten, Klemmleisten, Durchführungen, Tüllen, Unterlegscheiben, Nippel, Isolierperlen u. dgl., die heute in einer fast unübersehbaren Mannigfaltigkeit aus Calit hergestellt werden.

---

[5]) Vgl. die Hescho-Druckschriften „Rundfunk-Festkondensatoren" und „Rundfunk-Scheibentrimmer".

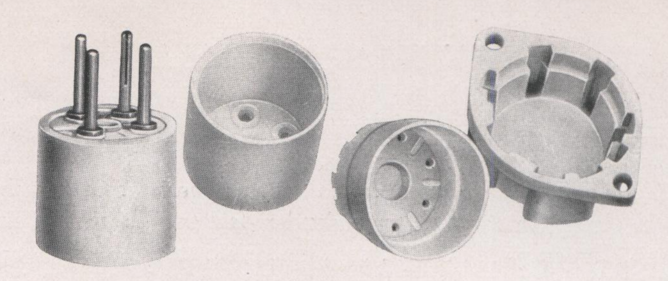


Abbildung 17
Fassungen und Sockel aus Calit für Empfängerröhren

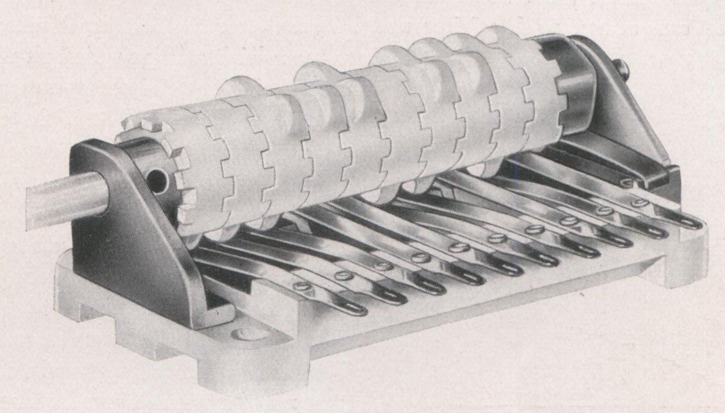


Abbildung 18
Nockenschalter mit Calit-Isolation

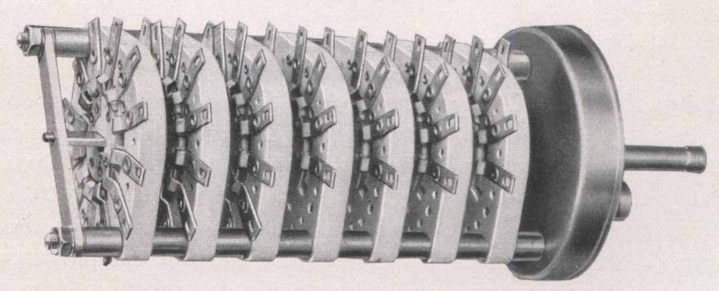


Abbildung 19
Mit Calit isolierter Rundschalter

CALIT IM SENDERBAU

Die dielektrischen Verluste der Isolierstoffe wachsen mit dem Quadrat der Spannung und werden stets in Wärme umgesetzt.
Im Hinblick auf die in Frage kommenden Spannungen und Leistungen müssen daher die in einem Sender zu verwendenden Isolierstoffe möglichst verlustarm sein. Ist das nicht der Fall, so treten leicht so hohe Übertemperaturen auf, daß die Isolierstoffe über kurz oder lang zerstört werden. Eine derartige Gefährdung besteht, da die Verlustleistung mit der Frequenz steigt, namentlich bei Kurzwellen und Ultrakurzwellensendern. Außerdem sind bei ihnen auch die Hochfrequenzfelder, die überall da, wo sie auf Isolierteile treffen, dielektrische Verluste verursachen, noch stärker und ausgedehnter als bei Rundfunksendern.

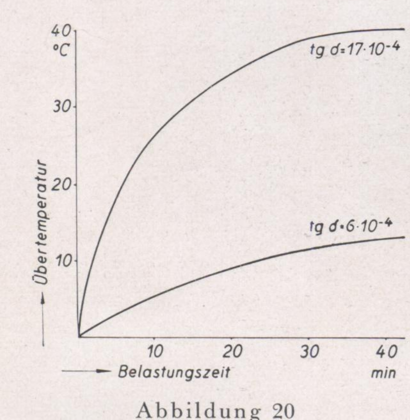


Abbildung 20
Erwärmungskurven zweier Isolierstoffe mit verschiedenem Verlustwinkel bei 12000 kHz (25 m Wellenlänge)

Einen vergleichsmäßigen Anhalt für die Abhängigkeit der Übertemperaturen vom Verlustwinkel gibt Abb. 20, in der die Erwärmungskurven eines Isolierstoffes mit höheren und eines Isolierstoffes mit kleinerem Verlustwinkel bei 12000 kHz (25 m Wellenlänge) einander gegenübergestellt sind. Beide Kurven sind unter gleichen Spannungsbeanspruchungen und Abkühlungsverhältnissen aufgenommen, so daß dieser Vergleich deutlich zeigt, wie sehr die Übertemperatur durch einen Isolierstoff mit kleinem Verlustwinkel herabgesetzt wird.
Die in einen Sender einzubauenden Isolierkörper müssen weiter elektrisch durchschlagfest sowie zeitlich unveränderlich und formstarr sein, da ein Sender hinsichtlich seiner Abstimmung konstant und deshalb von der Temperatur weitgehend unabhängig sein muß. Hinsichtlich der beiden letztgenannten Punkte sind besonders hohe Anforderungen bei Flugzeugsendern oder Sendern in tropischen Gegenden zu erfüllen, die schroffen Temperaturwechseln oder hoher Hitze und Feuchtigkeit ausgesetzt sind. Gegenüber gleichartig beanspruchten Empfangsgeräten liegen hier die Verhältnisse bedeutend schwieriger, da bei Sendern zusätzlich noch hohe Spannungsbeanspruchungen auftreten. Sämtliche vorgenannten Forderungen werden durch Calit erfüllt, das bei hoher elektrischer Durchschlagfestigkeit zeitbeständig und formstarr sowie unempfindlich gegen Glimmen, Sprühen oder Überschläge ist, während seine geringen dielektrischen Verluste von vornherein das Auftreten schädlicher Erhitzungen verhindern. Außerdem ist Calit derart hitzebeständig, daß es selbst die höchsten Temperaturen, die in einem Sender auftreten können, ohne weiteres aushält.

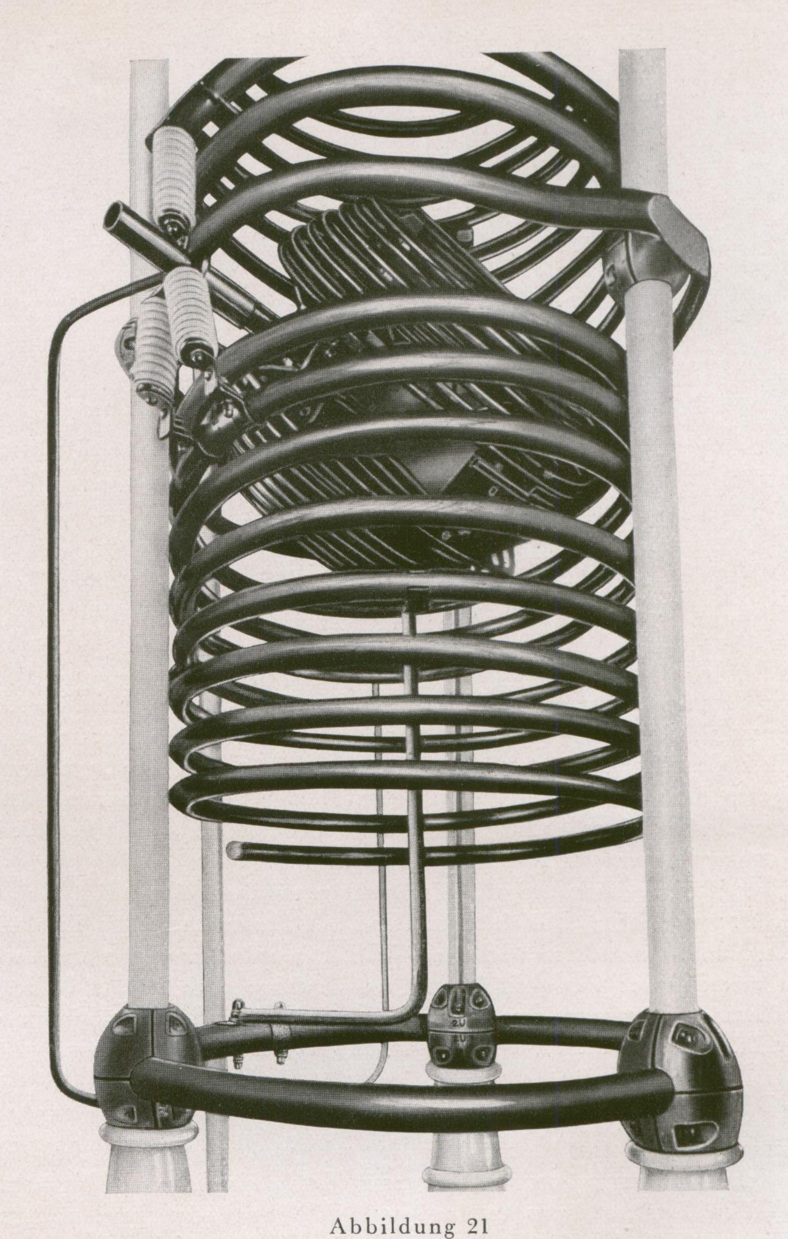


Abbildung 21
Mit Calit-Rundstäben isolierte Abstimm- und Drosselspule (3 m Höhe; 1 m Dmr.) der Lorenz-Dipolantenne des Großsenders München, der ersten Höhendipolantenne für große Leistungen



Abbildung 22
HF-Calit-Stützer

Abbildung 23
HF-Calit-Doppeldurchführung

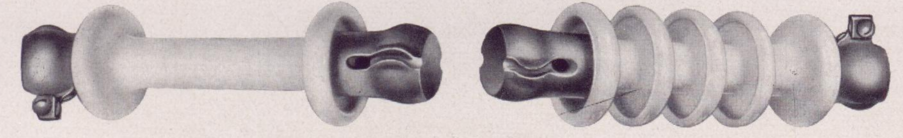


Abbildung 24
HF Calit-Abspannisolatoren

Da im Senderbau organische Isolierstoffe für alle Bauteile ausscheiden, die größeren Feldstärken ausgesetzt sind, wurden hier bisher Glimmer- oder vielfach auch Quarzisolatoren verwendet. Ihnen ist Calit durch einen bedeutend niedrigeren Preis und eine unvergleichlich vielseitigere Formgebungsmöglichkeit überlegen, während es andere anorganische Isolierstoffe, wie z. B. Mycalex, überdies durch seine Verlustarmut weit übertrifft.
Auf Grund seiner hochwertigen Werkstoffeigenschaften eignet sich Calit im Senderbau vornehmlich als Dielektrikum von Kondensatoren und als Tragkörper für Kopplungs- und Abstimmspulen. Weiter werden daraus wegen seiner hohen mechanischen Festigkeit in großem Umfange auch Mastfuß-Isolatoren, Durchführungen, Antennen- und Abspannisolatoren, Abstandhalter, Stützer u. dgl. hergestellt, die oft beträchtliche Abmessungen aufweisen.

KONDENSATOREN

Im Senderbau sind fast ausschließlich Festkondensatoren gebräuchlich. Diese Kondensatoren müssen verlustarm, durchschlagfest sowie bis zu möglichst hohen Betriebspannungen frei von Vorentladungen sein und eine hohe HF-Belastbarkeit je Flächen- oder Raumeinheit besitzen.
Die Hescho hat für den Senderbau Hochleistungs-Kondensatoren entwickelt, die es gestatten, die gesamte Senderspannung, je nachdem, ob es sich um einen Rundfunksender großer, mittlerer oder kleiner Leistung, einen Kurzwellen- oder einen Ultrakurzwellensender handelt, durch eine weit geringere

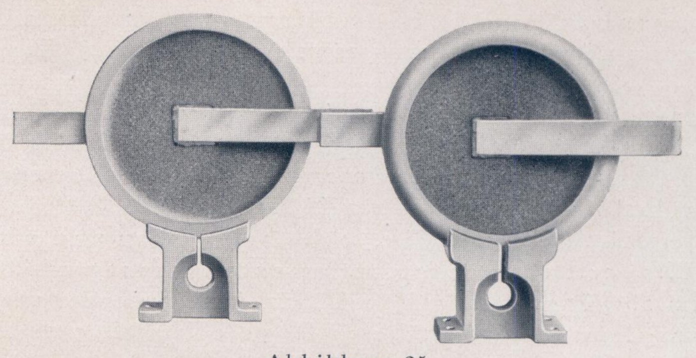


Abbildung 25
Kondensator-Einzelelemente aus Calit oder Condensa F
(zwecks isolierter Aufstellung in einem keramischen Sockel befestigt)

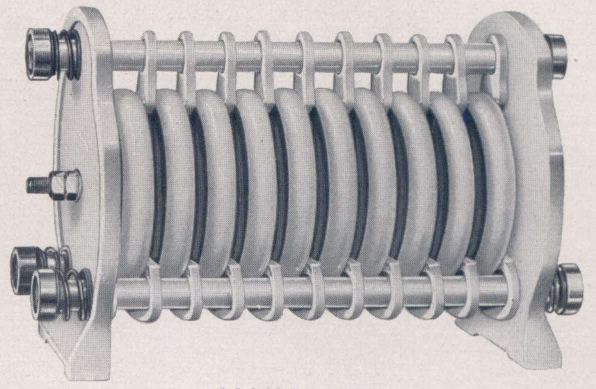


Abbildung 26
Kondensatorblock in Serienschaltung (S-Block)

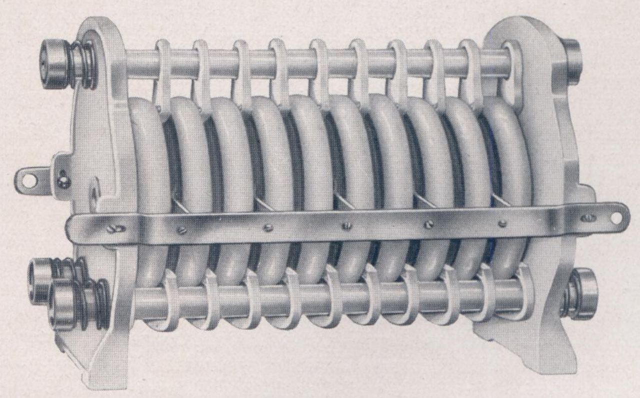


Abbildung 27
Kondensatorblock in Parallelschaltung (P-Block)

Unterteilung zu isolieren, als dies bei den bisher meistens verwendeten Glimmer-Kondensatoren möglich ist. Vielfach genügt sogar ein einziges „Kondensatorelement".

Diese Kondensatorelemente[6]), die aus einer Calitplatte[7]) mit beiderseits aufgebranntem, nachträglich durch Aufspritzen verstärktem Metallbelag bestehen, sind, Abb. 25, durch einen verdickten oder wulstförmigen Rand gekennzeichnet. Diese Randausbildung[8]) verhindert vorzeitige Glimm- und Sprühentladungen sowie Überschläge und Durchschläge, so daß bei kleinen und mittleren Kapazitätswerten Kondensatorelemente aus feuerversilbertem Calit um so günstiger sind, je höher die Senderspannung ist. Glimmer-Kondensatoren kommen dagegen für große Kapazitätswerte und kleine Spannungen in Frage.

Läßt sich der geforderte Kapazitätswert nicht in einem einzigen Kondensatorelement unterbringen, oder ist z. B. im Hinblick auf die zulässige Belastung eine Verteilung auf mehrere Elemente erwünscht, so werden, Abb. 26 u. 27, Kondensatorelemente in entsprechender Zahl zu einem „Block" zusammengebaut. Bei einer anderen Bauart, Abb. 28, die u. a. für Meßzwecke besonders geeignet ist, sind die Stromzuführungen so angeordnet, daß sich die Kapazitätswerte, parallel oder in Serie, in verschiedenen Stufen zusammenschalten lassen.

Kondensatorelemente aus feuerversilbertem Calit eignen sich im übrigen auch vorzüglich für Hochfrequenzöfen, elektromedizinische und andere Hochfrequenzgeräte, die hinsichtlich Verlustfreiheit und Durchschlagfestigkeit hohen Ansprüchen entsprechen müssen oder, wie z. B. Ultrakurzwellen-Diathermieapparate, bei sehr hohen Schwingungszahlen betrieben werden.

WICKLUNGSTRÄGER FÜR SPULEN

Für die Wicklungsträger von Senderspulen aus Calit gelten sinngemäß die gleichen Gesichtspunkte wie für die Tragkörper von Empfängerspulen. Ein Unterschied ergibt sich nur insofern, als die Abmessungen dieser Spulenkörper wegen der höheren Betriebspannungen und mit Rücksicht auf ausreichende Sicherheit gegen Entladungen erheblich größer als diejenigen von Empfängerspulen zu halten sind. Abb. 21 zeigt als Ausführungsbeispiel einen Wicklungsträger, der aus Calit-Rundstäben aufgebaut ist, während Abb. 29 an einigen Ausführungsbeispielen einteilige Tragkörper darstellt, die besonders formstarr und unveränderlich sind.

---

[6]) Hescho-Druckschrift „Sender-Festkondensatoren".

[7]) Je nach den Anforderungen an den Verlustfaktor, die Kapazitätswerte oder die Abmessungen werden, vgl. S. 34, diese Kondensatorelemente und die nachstehend erwähnten Kondensatorblöcke auch aus Condensa F hergestellt.

[8]) H. Handrek, „Durchschlagfestigkeit und dielektrische Verluste von Porzellan und Hartpapier", VDE-Fachberichte 1928.

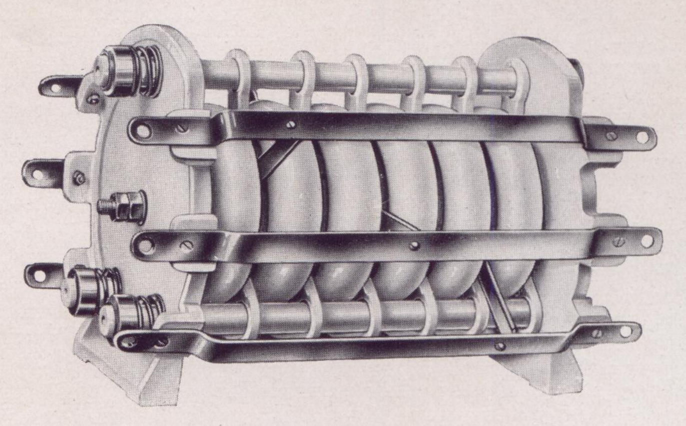


Abbildung 28
Kondensatorblock in „Anzapf"-Schaltung

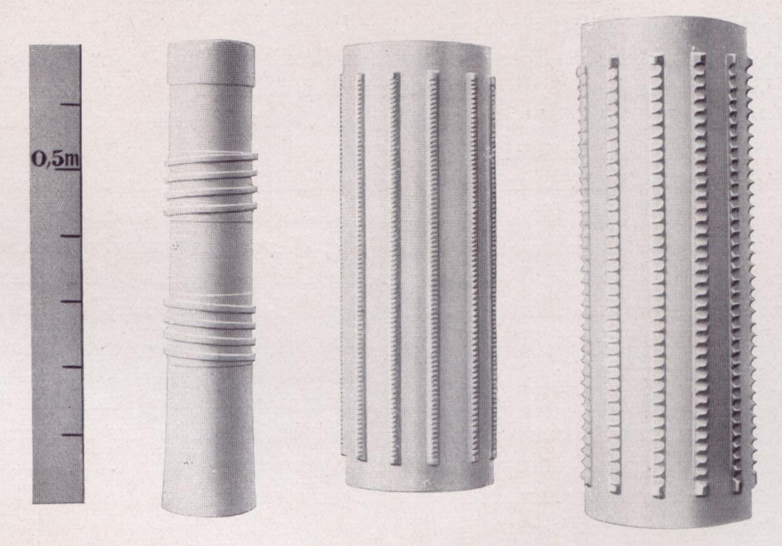


Abbildung 29
Einteilige Wicklungsträger aus Calit für Senderspulen

VERWENDUNG VON CALIT FÜR HOCHFREQUENZ-MESSGERÄTE

Bisher waren praktisch Quarzglas und Quarzgut die einzigen verlustarmen, formstarren und zeitlich unveränderlichen Isolierstoffe für den Aufbau hochwertiger Induktivitäten und Kapazitäten. Beide Isolierstoffe sind verhältnismäßig teuer und nur in beschränktem Maße verformbar, so daß sich daraus nur kleinere Isolierkörper einfacher Formgebung herstellen lassen. Bei weniger hohen Ansprüchen begnügte man sich daher im allgemeinen mit Isolierungen aus Hartgummi, Pertinax oder Kunstharz-Preßmassen.

Heute verfügt die Hochfrequenz-Meßtechnik in Calit über einen Isolierstoff, der durch seine werkstofflichen und fertigungstechnischen Vorzüge dem Bau von Meßgeräten gänzlich neue Wege erschließt.

NORMALKONDENSATOREN

Bei Luftkondensatoren für Meßzwecke mit fester oder veränderbarer Kapazität, bei denen die Isolierteile im Streufeld liegen und nur als Halterungen dienen, ermöglicht die Verwendung von Calit an Stelle von Quarzglas oder selbst von Quarz sowohl einen durchaus gleichwertigen Aufbau als auch eine weit größere Freiheit in der konstruktiven Durchbildung.

Selbst handelsübliche Drehkondensatoren, z. B. mit Pertinax- oder Hartgummi-Isolation, lassen sich, wie auf S. 17 an einem Beispiel gezeigt, durch Auswechseln ihrer Isolierteile gegen solche aus Calit nachträglich so verbessern, daß sie für Meßzwecke verwendbar werden.

Als Beispiele für die Fortschritte, die sich erzielen lassen, wenn man von vornherein Calit als Isolierstoff verwendet, zeigen Abb. 30 u. 31 einen Luft-Platten-Kondensator für vergleichende Verlustwinkel-Messungen und das Feinmesser-Aggregat eines Allwellen-Frequenzmessers. Der vorgenannte Kondensator[9]), dessen formstarres Gestell aus einem einteiligen, U-förmigen Calit-Bügel besteht, ist nahezu völlig frei von Dämpfungsverlusten. Sein Verlustfaktor ist z. B. bei 3000 kHz kleiner als $0{,}5 \cdot 10^{-4}$ und daher praktisch wohl stets zu vernachlässigen. Der Feinmesser[10]), bei dem auf höchste Konstanz des Kreises besonderer Wert gelegt ist, ist ganz keramisch aufgebaut und besitzt außer keramischen Fest-Kondensatoren einen mit Calit isolierten Kreisplatten-Drehkondensator, eine Calit-Ringspule mit eingebrannten Windungen und einen aus Calit und Metall aufgebauten Bereichschalter.

Meßkondensatoren für große Kapazitätswerte und kleine Spannungen erhalten als Festkondensatoren fast stets ein Glimmer-Dielektrikum. Dieses Dielektrikum läßt sich weitgehend verbessern, wenn man auf die Glimmerblättchen nach einem von der Hescho ausgebildeten Verfahren beiderseits einen Silberbelag

---

[9]) L. Rohde und W. Süß, Feinmechanik und Präzision 1936, Heft 8, S. 129.

[10]) A. Habermann, „Allwellen-Frequenzmesser", ATM Januar 1939, V 3614—5.

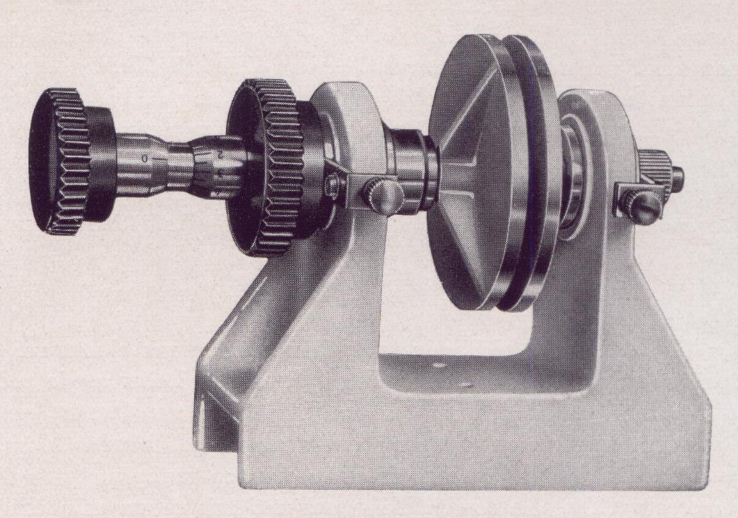


Abbildung 30
Veränderbarer Präzisions-Platten-Kondensator für Meßzwecke mit einteiligem formstarren Gestell aus Calit. Verlustfaktor bei 3000 kHz (100 m Wellenlänge) $tg\delta < 0{,}5 \cdot 10^{-4}$.

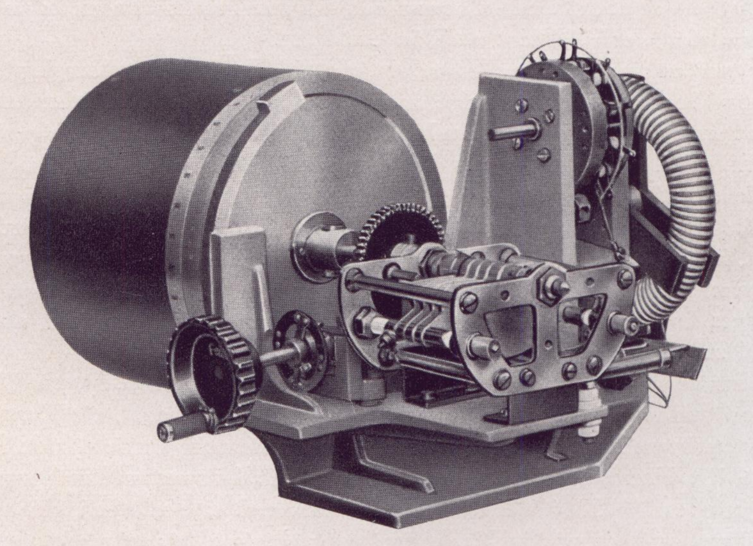


Abbildung 31
Mit Calit isoliertes Feinmesser-Aggregat eines Frequenzmessers für 50 ... 50000 kHz

aufbrennt und die so erhaltenen kleinen Einzelkondensatoren durch Einbetten in ein wannenförmiges Calitgehäuse gegen Beschädigungen schützt.
Für Kapazitätsnormale kleinerer Kapizitätswerte eignen sich vorzüglich auch Kondensatoren aus feuerversilbertem Calit oder Tempa, die gleichfalls verlustarm, zeitlich unveränderlich sowie genau abgleichbar sind und im üblichen Fertigungsgang mit Kapazitäts-Toleranzen bis zu nur ± 0,5 % geliefert werden, so daß sie vielfach schon ohne weiteres als „Präzisions-Kondensatoren" verwendbar sind. Darüber hinaus lassen sie sich jedoch durch Verstärken der Anschlüsse und Kontaktstellen zu wohlfeilen und dabei sehr hochwertigen Meßnormalen ausbilden.

NORMAL-SPULEN

Die bisher für Meßzwecke vielfach verwendeten Spulen mit einem auf einen Tragkörper aus Pertinax oder Hartgummi aufgewickelten Leiter sowie auch sogenannte „hochwertige" Spulen mit einem Tragkörper aus Quarzstäben, die beiderseits in scheibenförmige Halterungen eingesetzt sind, können hinsichtlich ihrer Unveränderlichkeit nur bescheidenen Ansprüchen genügen.
Spulenkörper aus Calit, die sowohl formstarr und zeitlich unveränderlich als auch mechanisch so widerstandsfähig sind, daß sie selbst durch ein sehr festes Aufwickeln des Leiters nicht verspannt werden, bedeuten daher schon eine erhebliche und für viele Zwecke ausreichende Verbesserung. Eine derartige Spule ist jedoch noch kein Meßnormal, da sich ihre Induktivität immerhin durch Lockerwerden der Wicklung noch ändern kann.
Daher war es ein gewaltiger Fortschritt, als die Hescho dazu überging, Normal-Spulen für Meßzwecke nach einem grundsätzlich abweichenden Verfahren herzustellen. Bei diesen Spulen[11]) wird der Leiter nicht mehr aufgewickelt, sondern, Abb. 32, als Belag aus Edelmetall unmittelbar auf einen Tragkörper aus Calit aufgebrannt und erforderlichenfalls elektrolytisch verstärkt. Da die Elastizität dieses Belages jeden mechanischen Spannungsunterschied ausgleicht, kann sich der Leiter auch bei den größten Temperaturänderungen nicht mehr von dem Tragkörper lösen oder gegen ihn verschieben. Spulen dieses Aufbaues sind daher in jeder Hinsicht unveränderlich und wirkliche, als Meßnormal zu verwendende „Präzisionsspulen".
Meßnormale mit aufgebranntem Belag lassen sich auch, Abb. 33, als Flachspulen ausbilden, die, neben- oder hintereinander geschaltet, die Herstellung von anzapfbaren Normalinduktivitäten und, bei beiderseitigem Belag, von Gegeninduktivitäts-Normalen ermöglichen. Eine andere sehr zweckmäßige Bauart sind Ringspulen, Abb. 34, die sich vornehmlich durch eine sehr geringe Streuung auszeichnen und daher für Meßgeräte, vgl. z. B. Abb. 31, sehr geeignet sind.

[11]) Vgl. die Hescho-Druckschrift „Spulen hoher Konstanz".

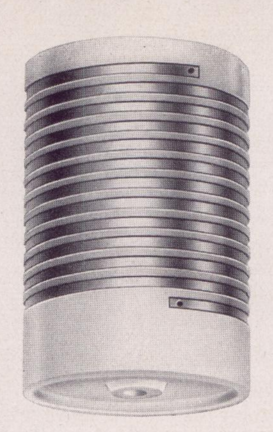
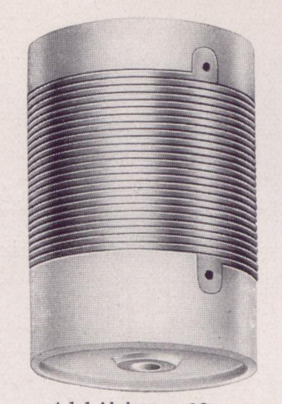
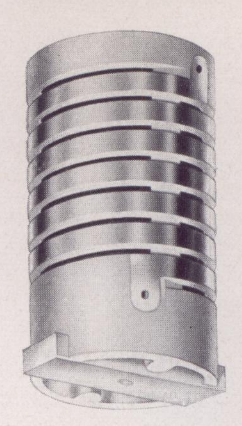




Abbildung 32
Zylindrische Präzisionsspulen aus Calit mit aufgebranntem Belag

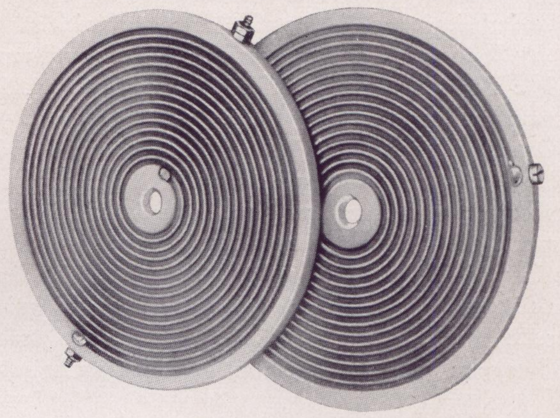


Abbildung 33
Flachspulen aus Calit mit aufgebranntem Belag

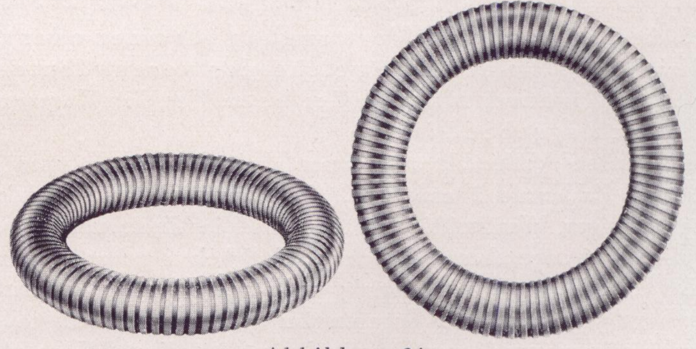


Abbildung 34
Ringspulen aus Calit mit aufgebranntem Belag

CONDENSA

Eingetragenes Warenzeichen

Unter der Bezeichnung „Condensa“ fassen wir eine Gruppe von uns entwickelter verlustarmer keramischer Sondermassen zusammen, die auf der Grundlage von Rutil (TiO_2) aufgebaut und infolgedessen, Zahlentafel 2, durch überraschend hohe Dielektrizitätskonstanten gekennzeichnet sind.
Als weitere Besonderheit weisen, Zahlentafel 3, die Dielektrizitätskonstanten dieser „hochkapazitiven“ Sondermassen im Gegensatz zu allen anderen festen Isolierstoffen negative Temperaturkoeffizienten auf. Auch diese Eigenschaft ist, vgl. S. 34, von großer praktischer Bedeutung.
Sämtliche zur Condensa-Gruppe gehörenden Sondermassen sind durch ein gemeinsames Bildungsgesetz verbunden, weichen jedoch hinsichtlich der Höhe ihrer Dielektrizitätskonstanten, ihrer Verlustwinkel sowie des Temperatureinflusses auf ihre Kapazitätswerte mehr oder minder erheblich voneinander ab.
Da die Gesetze ihres Aufbaues erforscht und bekannt sind, könnte man daher den Versatz der einzelnen Abarten so abstufen, daß ihre Dielektrizitätskonstanten z. B. einen Bereich von D = 10...100 lückenlos ausfüllen würden. Dem stehen jedoch erklärlicherweise wirtschaftliche und fertigungstechnische Erwägungen entgegen.
Auf Grund unserer Erfahrungen und in Übereinstimmung mit den Erfordernissen der Hochfrequenztechnik stellen wir daher nur drei Condensa-Massen

CONDENSA N, CONDENSA F und CONDENSA C

in betrieblicher Fertigung her. Die Verwendung der einen oder anderen Masse richtet sich danach, welche der vorerwähnten kennzeichnenden Eigenschaften für den betreffenden Verwendungszweck ausschlaggebend ist.
Die dielektrischen Verlustfaktoren dieser drei Condensa-Massen sind im einzelnen aus Zahlentafel 2 ersichtlich, die übrigen für ihre praktische Verwendung wichtigen Werkstoffeigenschaften sind in Zahlentafel 1 zusammengestellt. Die hier angegebenen Durchschlagfestigkeiten gelten für Prüfkörper nach VDE 0303/1929, die punktförmig auf Durchschlag beansprucht werden. Die Durchschlagfestigkeit sinkt dagegen bei größeren Flächen, so z. B. bei Platten mit Belägen von 50 mm Dmr. auf etwa 60 % dieser Werte. Außerdem hängt sie weitgehend vom Herstellverfahren ab, so sind z. B. gedrehte Isolier-

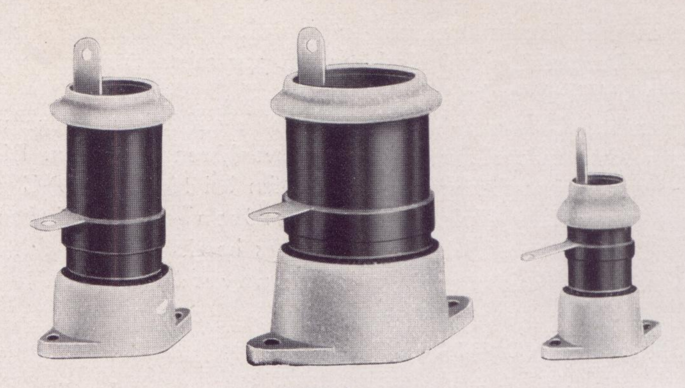


Abbildung 35
Condensa-Senderkondensatoren in Topfform
(zwecks isolierter Aufstellung in Calitsockel eingelötet)

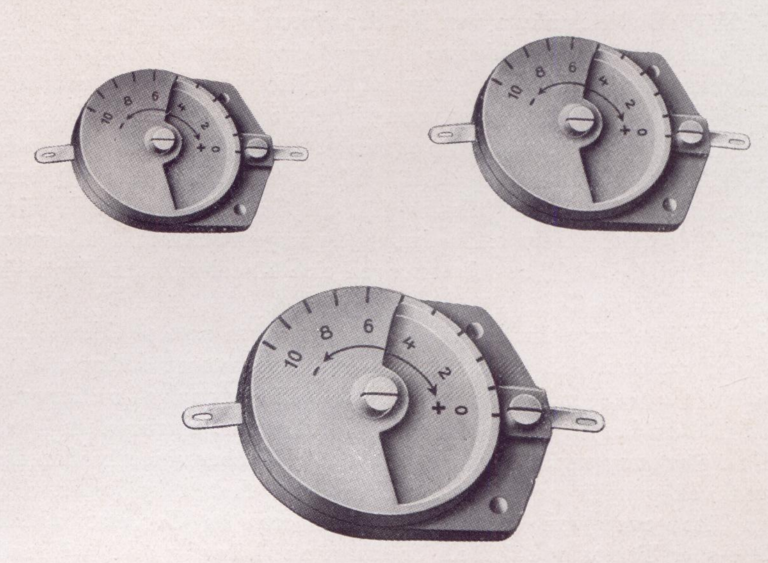


Abbildung 36
Hescho-Temperaturgang-Regler

körper dichter und durchschlagfester als gepreßte. Im übrigen ist zu berücksichtigen, daß Durchschläge bei Hochfrequenz nur selten „rein elektrisch" sind und fast stets „Wärmedurchschläge" darstellen.
Die vorgenannten Condensa-Massen lassen sich auf kaltem Wege nach den in der keramischen Industrie üblichen Arbeitsverfahren verformen. Die Werkstücke werden hieran anschließend in Sonderöfen bei 1300...1400° C gebrannt, wodurch sie einen völlig dichten und unporösen Scherben erhalten. Isolierkörper aus Condensa sind daher, wie eingangs bereits erwähnt, formstarr, wetter- und tropenfest sowie zeitlich unveränderlich.

CONDENSA-KONDENSATOREN

Wegen ihrer ausnehmend hohen Dielektrizitätskonstanten, die diejenigen aller nicht rutilhaltigen Isolierstoffe um das 5...20- bzw. um das 10...40fache übertreffen, werden die Condensa-Massen, worauf auch ihr Name zurückzuführen ist, hauptsächlich als Dielektrikum von Kondensatoren verwandt[12]).
Da die Abmessungen eines Kondensators um so kleiner werden, je höher die Dielektrizitätskonstante seines Dielektrikums ist, erhält für einen bestimmten Kapazitätswert ein Kondensator mit einem Condensa-Dielektrikum bedeutend kleinere Abmessungen, als sie mit einem anderen Dielektrikum zu erreichen sind. Auf Condensa F (D = 65) bezogen, beträgt z. B. im Vergleich mit Calit (D = 6,5) das Größenverhältnis für den gleichen Kapazitätswert 1:10 oder, anders ausgedrückt, ein Kondensator aus Condensa F hat bei gleichen Abmessungen eine 10mal so hohe Kapazität wie ein Kondensator aus Calit.
Außer durch ihre ungewöhnlich kleinen Abmessungen unterscheiden sich Condensa-Kondensatoren von allen anderen Festkondensatoren dadurch, daß ihre Kapazitätswerte mit steigender Temperatur abnehmen. Die Kapazitätsänderung eines Condensa-Kondensators unter dem Einfluß der Temperatur verläuft jedoch, Zahlentafel 3, über einen großen Bereich gemessen vollkommen proportional. Hervorzuheben ist ferner, daß die Kapazitätswerte von Condensa-Kondensatoren im Gegensatz zu solchen aus Calit oder Tempa merklich frequenzabhängig sind, während der Einfluß der Frequenz auf ihre Verlustfaktoren, namentlich bei Condensa F, nur gering ist.

TEMPERATURGANG-REGLER

Der negative Temperaturkoeffizient der Dielektrizitätskonstanten der Condensa-Massen hat es uns ermöglicht, als neuartiges Schaltelement der Hochfrequenztechnik sogenannte „Temperaturgang-Regler" auszubilden, die als ganze oder als Teilkapazität in einen Schwingungskreis eingebaut werden.

[12]) Vgl. die Hescho-Druckschriften „Rundfunk-Kondensatoren", „Kondensatoren in K- und LS-Ausführung", „Sender-Festkondensatoren".

Ein derartiger Temperaturgang-Regler[13]), der, Abb. 36, in seinem äußeren Aufbau einem Hescho-Scheibentrimmer ähnlich ist, besteht aus einem Sockel aus Calit, auf dem eine Rotorscheibe aus Calit mit einem segmentförmigen Einsatz aus Condensa drehbar gelagert ist. Die Beläge von Stator und Rotor sind so abgeglichen, daß beim Drehen der Rotorscheibe die Gesamtkapazität unverändert bleibt, während sich je nach ihrer Stellung die Kapazitätswerte ändern, die auf den Calit- bzw. den Condensa-Anteil entfallen. Dementsprechend erfährt auch der Temperaturkennwert, und zwar nahezu linear mit dem Drehwinkel, eine stetige Änderung von einem größten positiven Wert über Null bis zu einem größten negativen Wert, je nachdem, ob der Belag der Calitscheibe oder der des Condensa-Einsatzes über dem Belag des Sockels steht.
Wir stellen derartige Temperaturgang-Regler als Normalausführungen in 3 Größen her. Diese Typen weisen Betriebsleistungen von 0,1 bzw. 0,2 bzw. 0,4 kVA und Kapazitätswerte von rd. 10 bzw. 20 bzw. 40 pF auf und können für HF-Spannungen bis 500 V (bei 1 MHz = 300 m Wellenlänge) verwendet werden.

---

[13]) Vgl. die Hescho-Druckschrift „Temperaturgang-Regler“.

TEMPA S

Eingetragenes Warenzeichen

Mit dem Namen „Tempa" bezeichnen wir eine Gruppe von uns entwickelter keramischer Hochfrequenz-Isolierstoffe, die im wesentlichen aus Erdalkalititanaten bestehen. Das wichtigste Kennzeichen der Tempa-Massen, von denen wir schon seit längerer Zeit das auf Magnesiumtitanat aufgebaute Tempa S bevorzugt verwenden, ist die Temperaturkonstanz ihrer Kapazitätswerte. Diese Eigenschaft wird von uns für das Hauptverwendungsgebiet von Tempa S — die Herstellung temperaturunabhängiger fester und veränderbarer Kondensatoren — ausgenutzt.

Zahlentafel 3 läßt erkennen, daß bei Kondensatoren aus Tempa S die durch die Temperatur bedingten Kapazitätsänderungen im Gebrauchsbereich nur $1/2$ so groß wie bei Glimmer-Kondensatoren und sogar um eine volle Größenordnung kleiner als bei Kondensatoren aus Calit oder Condensa sind. Die Kapazitätsänderungen von Kondensatoren aus Tempa S sind demnach so gering, daß man sie selbst bei den höchsten Anforderungen hinsichtlich der Temperaturkonstanz der Kapazitätswerte praktisch stets vernachlässigen kann.

Sehr wertvoll ist weiter, Zahlentafel 2, daß die dielektrischen Verluste von Tempa S so erstaunlich klein sind, daß sie noch unter denen von Quarz und Glimmer liegen.

Ein praktisch gleichfalls sehr wichtiger Vorzug besteht schließlich darin, daß die Kapazitätswerte von Kondensatoren aus Tempa S in einem Maße reproduzierbar sind, wie dies selbst bei den besten Luft- oder Glimmer-Kondensatoren nicht der Fall ist. Als Beispiel zeigt Abb. 37 den Temperaturgang eines Röhrchen-Kondensators aus Tempa S im Vergleich zu dem von zwei feuerversilberten Glimmer-Kondensatoren. Die Darstellung läßt erkennen, daß der Kondensator aus Tempa S innerhalb der Grenzen der Meßgenauigkeit ($0{,}5 \cdot 10^{-6}$) keine Alterung aufweist, während die Alterung der beiden Glimmer-Kondensatoren nach einmaliger Temperaturschleife beträchtlich ist.

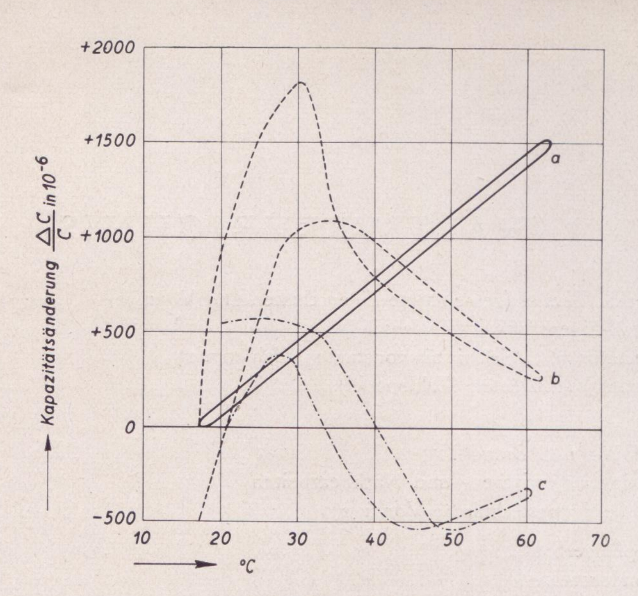


Abbildung 37

Temperaturgang eines Röhrchen-Kondensators aus Tempa S und zweier feuerversilberter Glimmer-Kondensatoren

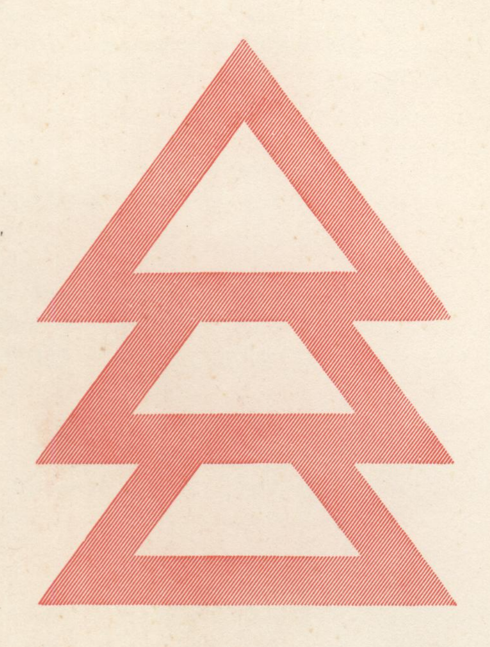
a) Tempa S-Kondensator, TK = + $32 \cdot 10^{-6}$, keine Alterung
b) Glimmer-Kondensator, TK = + $140 \cdot 10^{-6}$, Alterung = — $520 \cdot 10^{-6}$
c) Glimmer-Kondensator, TK = + $61 \cdot 10^{-6}$, „ = + $530 \cdot 10^{-6}$
(TK-Werte für Kurve b u. c bis 28° C)

Wegen ihrer außerordentlich hohen Konstanz eignen sich Kondensatoren aus Tempa S ganz besonders als Kapazitätsnormale sowie für den Einbau in hochwertige, temperaturunabhängige Schwingungskreise, die außerdem eine möglichst geringe Dämpfung besitzen sollen.

In normaler Fertigung stellen wir[14]) Kondensatoren aus Tempa S her, die einen Verlustfaktor von nur $tg\,\delta \leqq 4 \cdot 10^{-4}$ besitzen und damit eine Höchstleistung auf dem Gebiete der keramischen Hochfrequenz-Kondensatoren darstellen.

[14]) Vgl. die Hescho-Druckschriften „Rundfunk-Kondensatoren“ sowie „Kondensatoren in K- und LS-Ausführung“.

INHALTSVERZEICHNIS



I — G. 598 — 15. 4. 40.
Printed in Germany — Imprimé en Allemagne — Dr. Karl Meyer GmbH., Leipzig